

Знакомство с МКЭ подсистемой

СтадиКон (СДК)

**Испытание на сжатие
предварительно напряжённого
образца грунта**



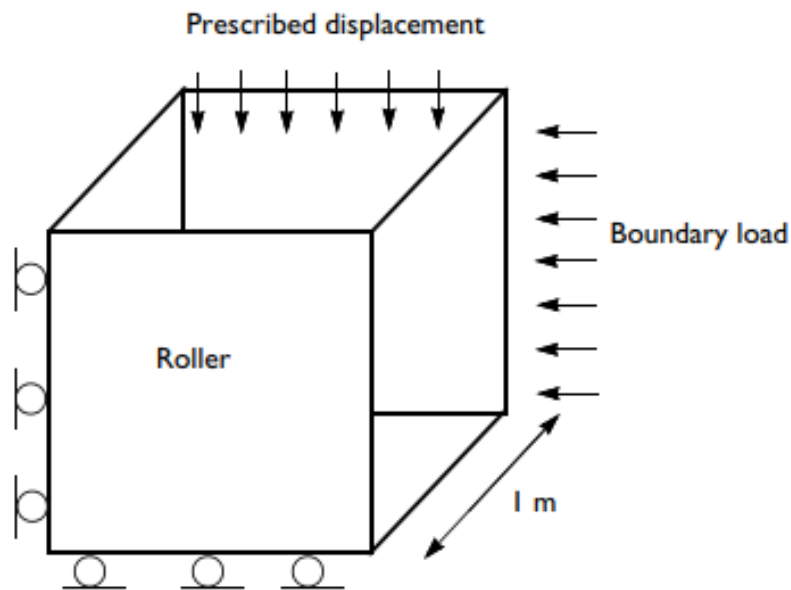
Содержание

Содержание	2
1. Описание задачи	3
2. Конечно-элементный FEA-проект	4
2.1. Геометрия	5
2.2. Материал	8
2.3. Нагружение	9
2.4. Установка связей	15
2.5. Расчет	18

1. Описание задачи

В этом примере показано, как провести испытание на сжатие предварительно напряжённого образца грунта. Образец грунта моделируется с учётом пластичности грунта и критерия Мора — Кулона.

В этом примере мы рассматриваем блок грунта длиной 1 м с каждой стороны. Грунт сжимается с боков под действием граничных нагрузок в направлениях x и y , а сверху — под действием заданного смещения.



Свойства материала:

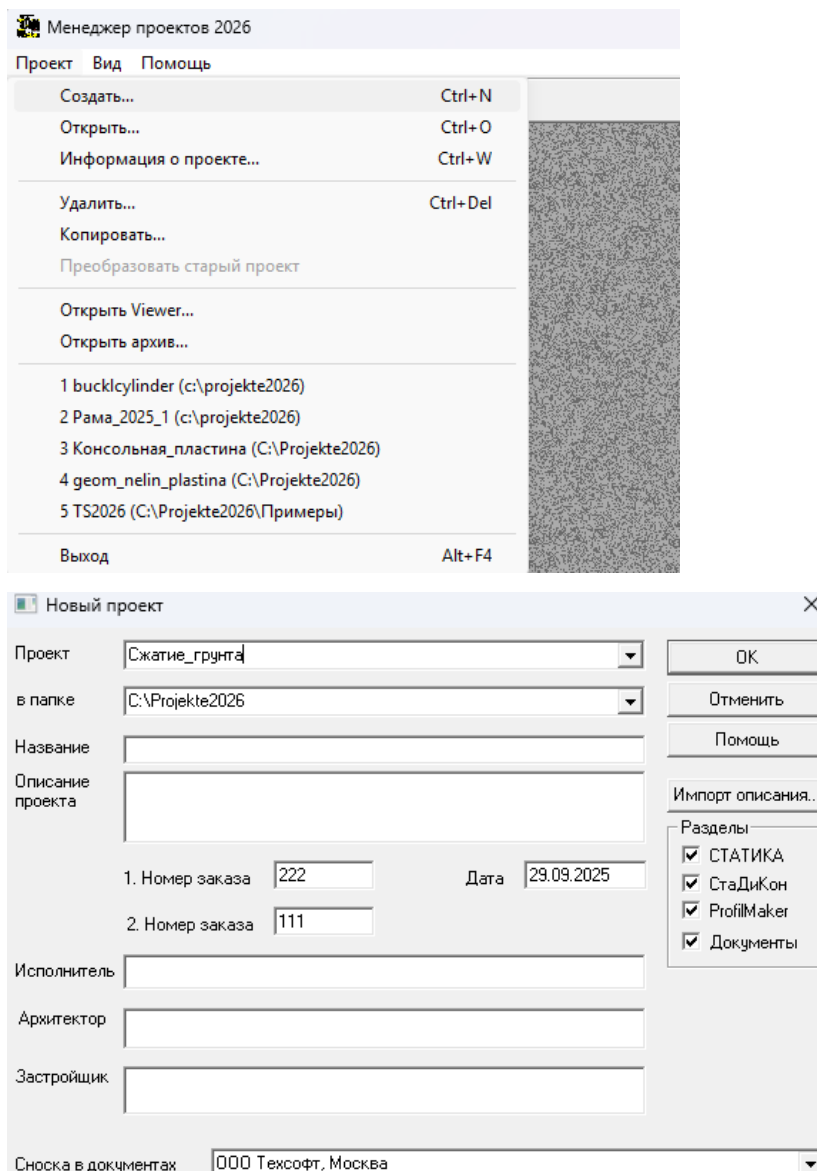
- модуль упругости $E = 207000 \text{ кН/м}^2$
- коэффициент Пуассона $\nu = 0.3$
- коэффициент сцепления $c = 70 \text{ кН/м}^2$
- угол внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$

Нагружение:

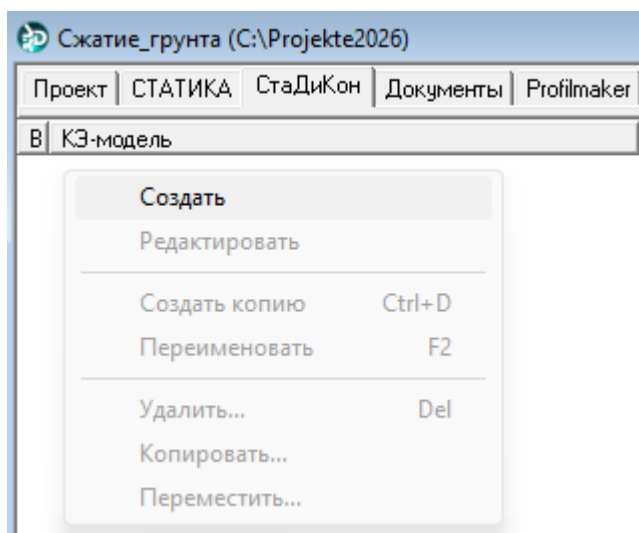
- значение нагрузки в направлении x — 300 кН/м^2
- значение нагрузки в направлении y — 200 кН/м^2

2. Конечно-элементный FEA-проект

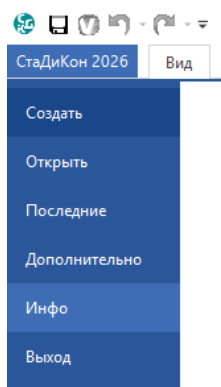
Создаем новый проект.



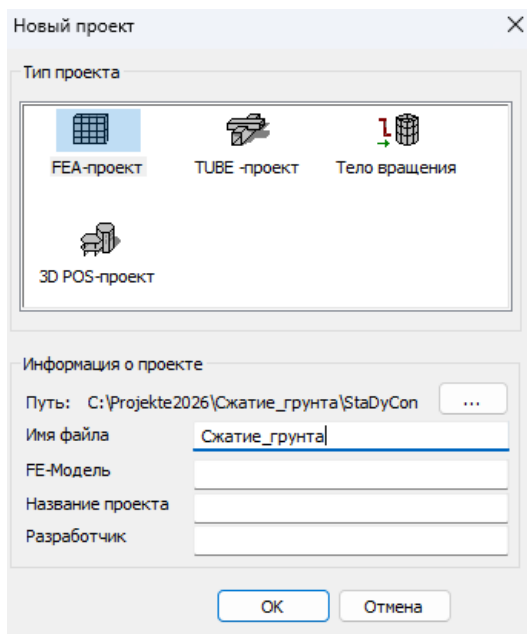
Во вкладке «СтаДиКон» нажимаем ПКМ в пустом окне и создаем новую КЭ модель.



Переходим в дерево проекта и выбираем «Создать».

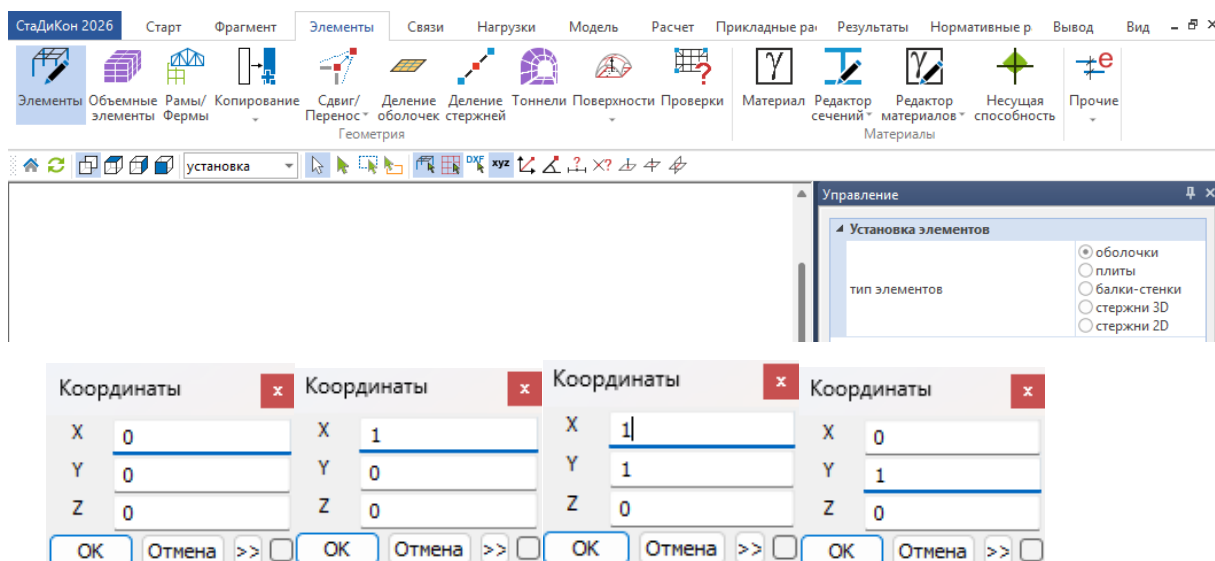


Выбираем тип проекта «FEA-проект».

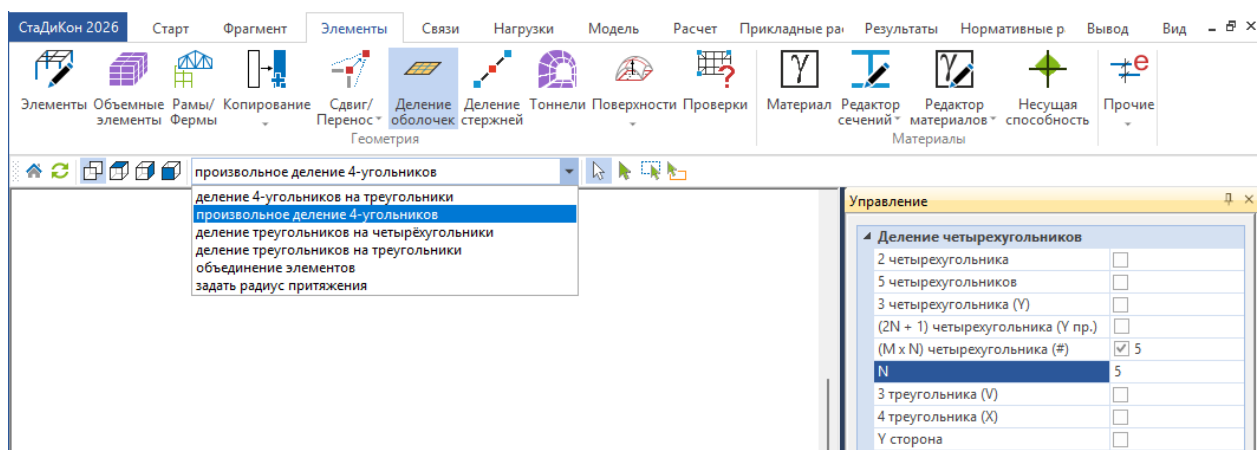


2.1. Геометрия

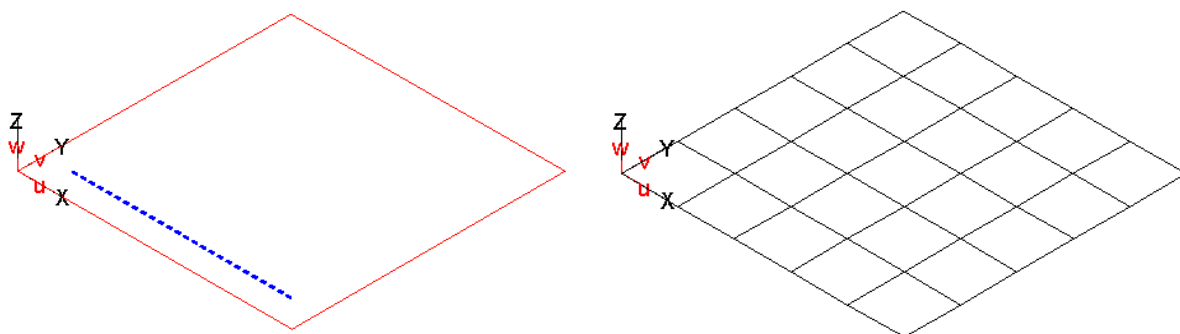
Переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «Элементы». Тип элементов «оболочки». И задаем 4 точки нижней грани.



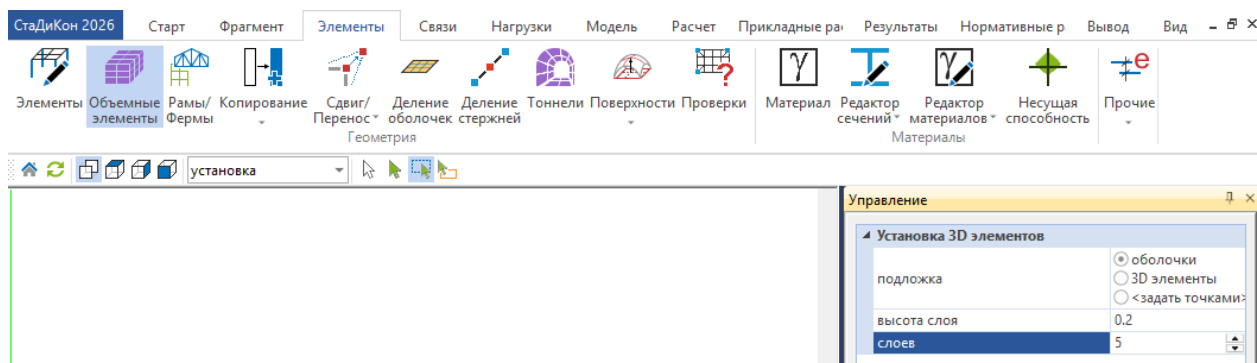
Переходим на пункт «Деление оболочек». Выбираем «произвольное деление 4-угольников». Тип деления – «(M x N) четырехугольника (#)» и устанавливаем значения (5x5).



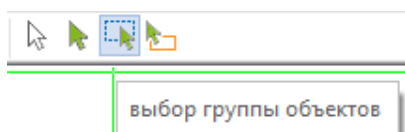
Нажимаем ЛКМ на оболочку и после выделения подтверждаем разбиение нажатием ПКМ.

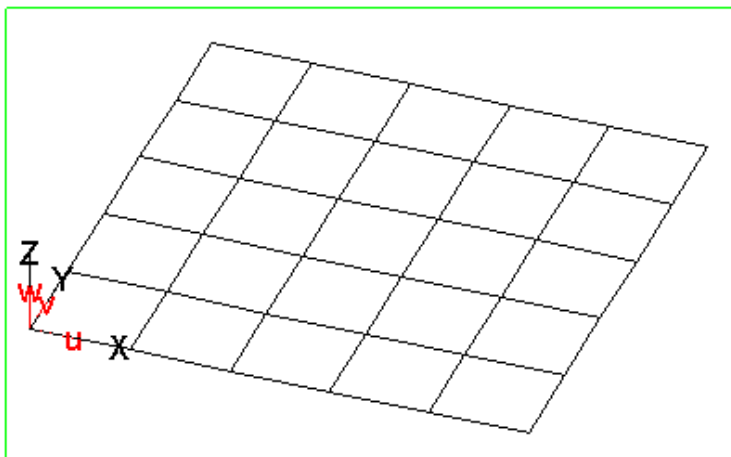


Переходим на «Объемные элементы». Выбираем «установка», подложка – «оболочки», высота слоя – «0.2», число слоев – «5».

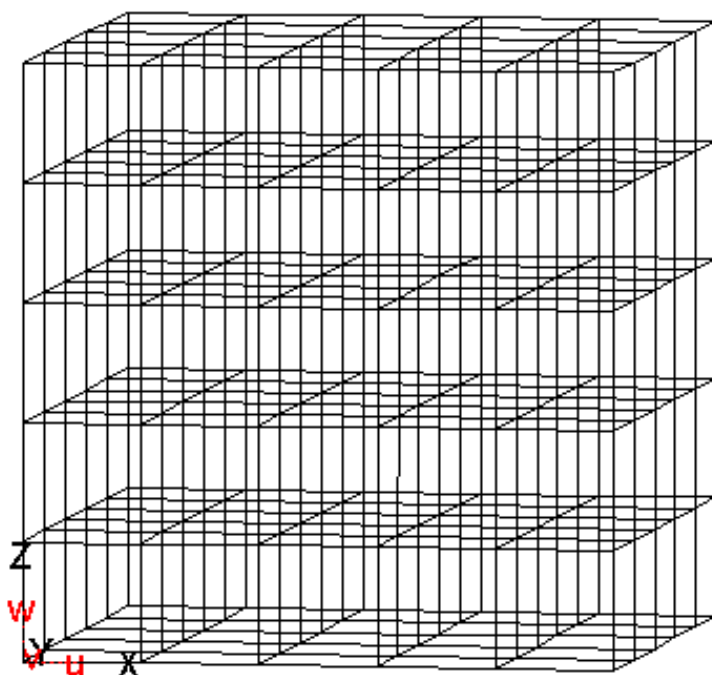


Групповым выбором выделяем все оболочки.

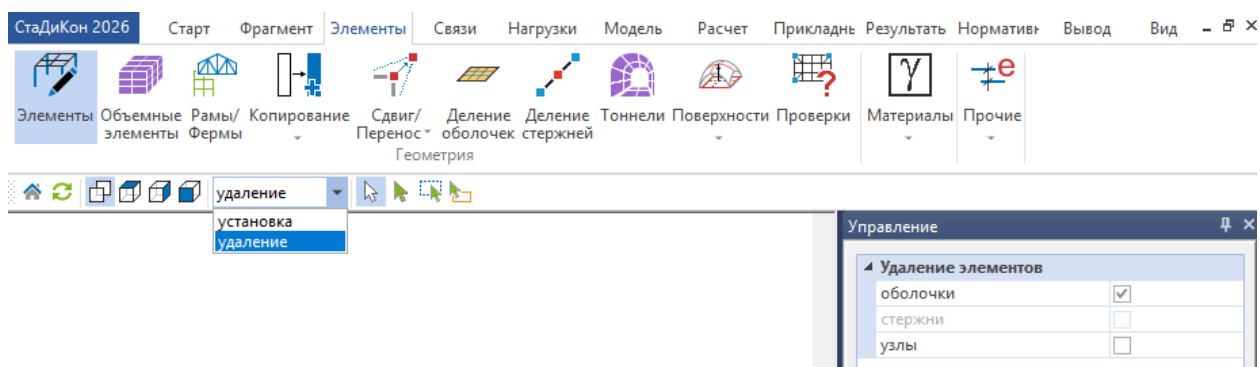




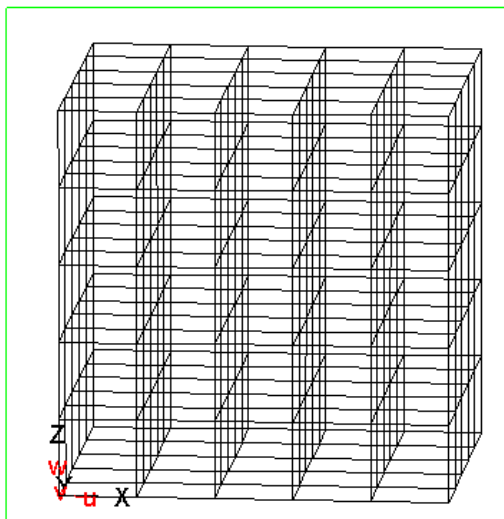
И получаем готовый куб.



Удалим изначальные оболочки. «Элементы» - «Элементы» - «удаление» - «оболочки».



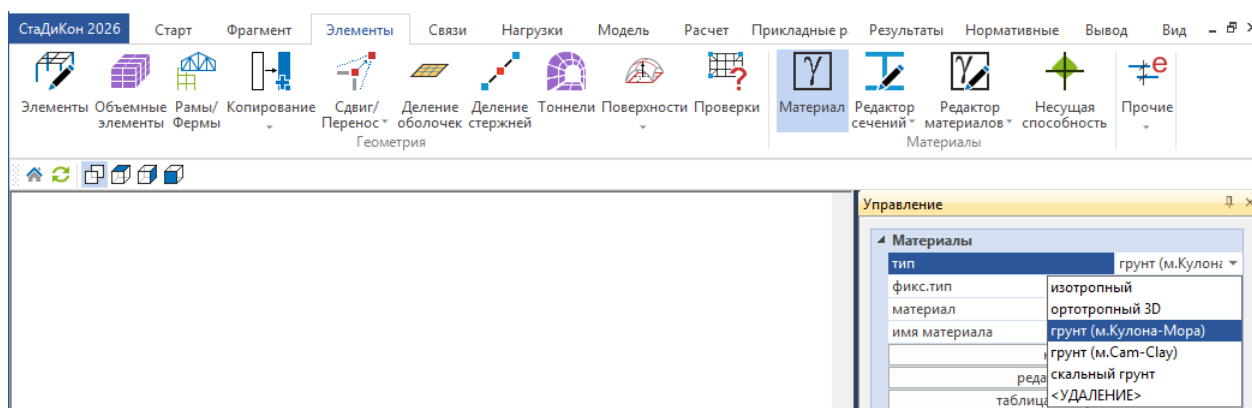
И выбираем всю область.



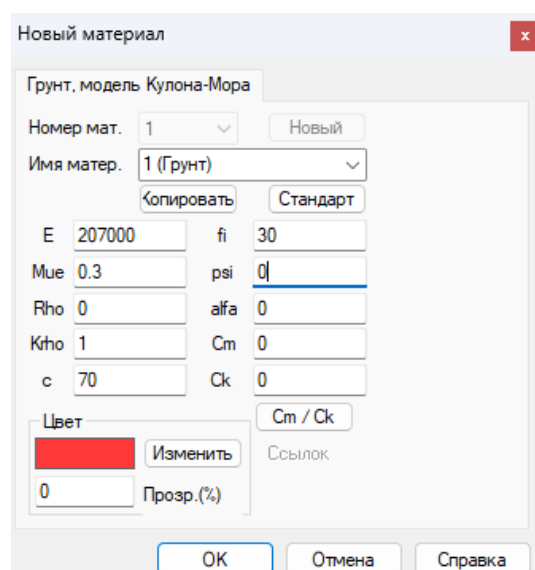
После этого останутся только объемные элементы.

2.2. Материал

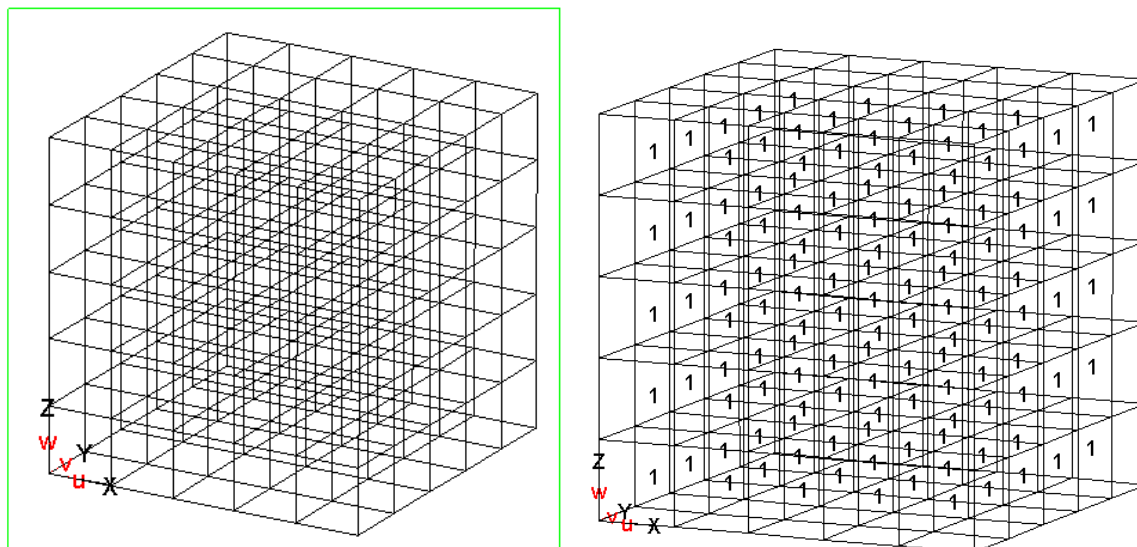
На вкладке «Элементы» выбираем «Материал», тип материала – «грунт (м.Кулона-Мора)» и нажимаем на «новый».



Задаем параметры материала.



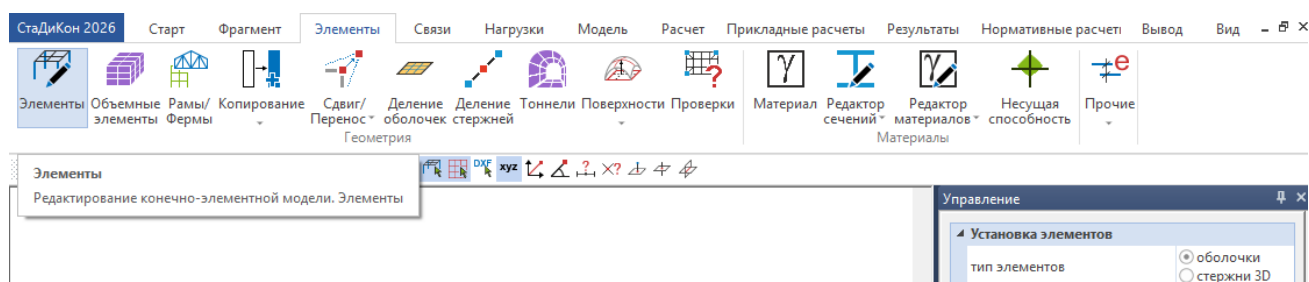
И нажатием групповым выбором задаем материал всем объемным элементам.



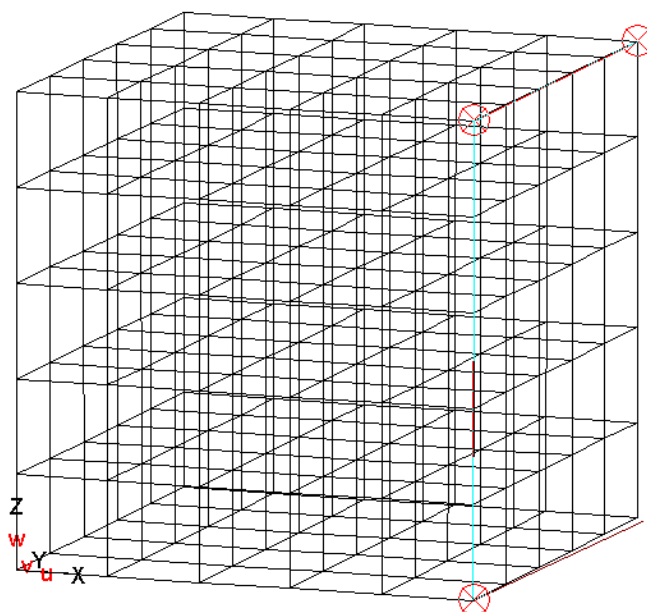
2.3. Нагружение

Для задания необходимых нам нагрузок сначала надо создать оболочки на соответствующих гранях, к которым будет приложена нагрузка.

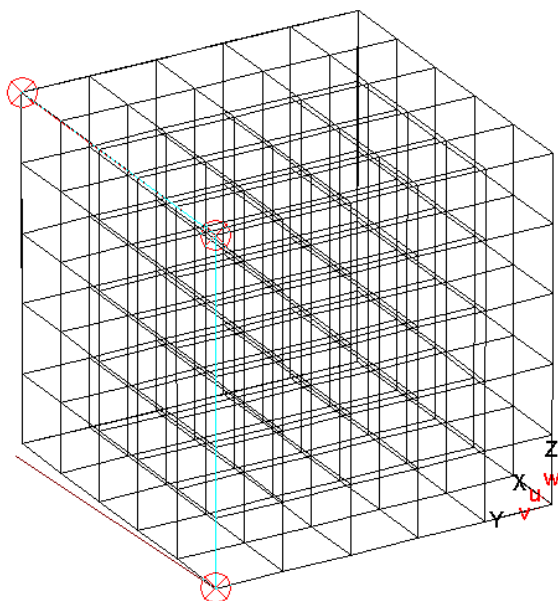
Переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «Элементы». Тип элементов – «оболочки».



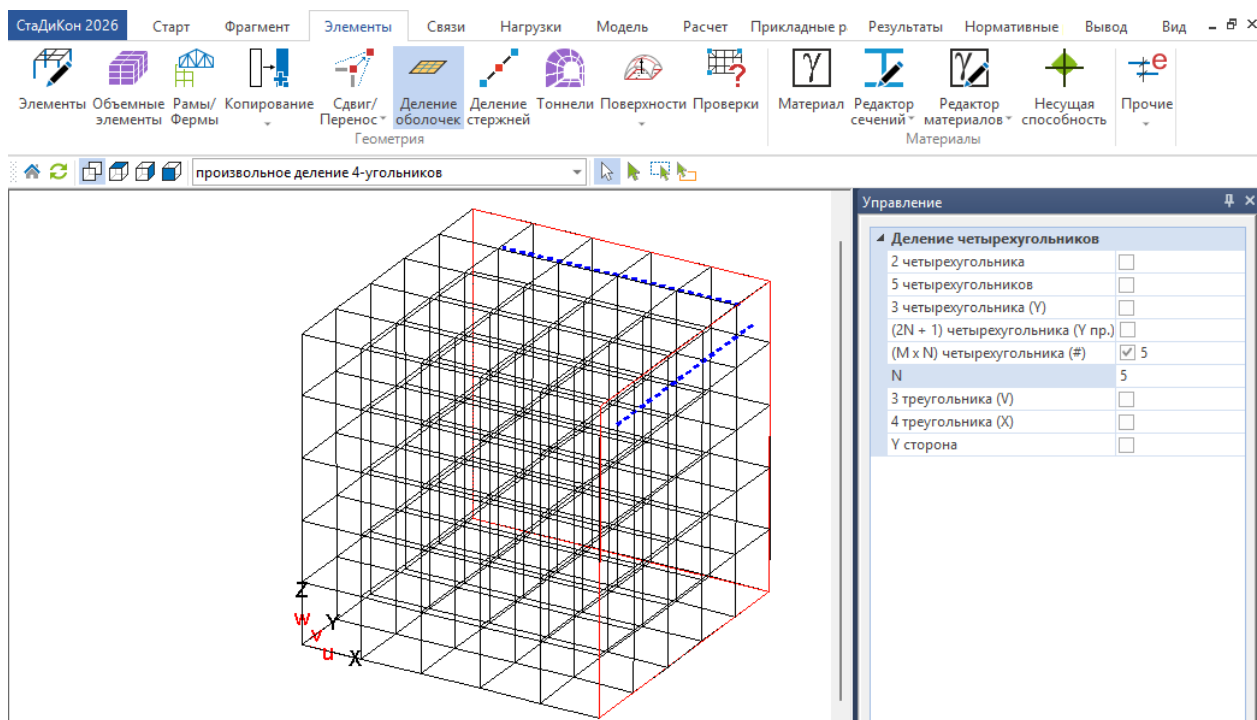
И создаем оболочку на правой грани (при координате $x=1$) нажатиями на 4 узла.



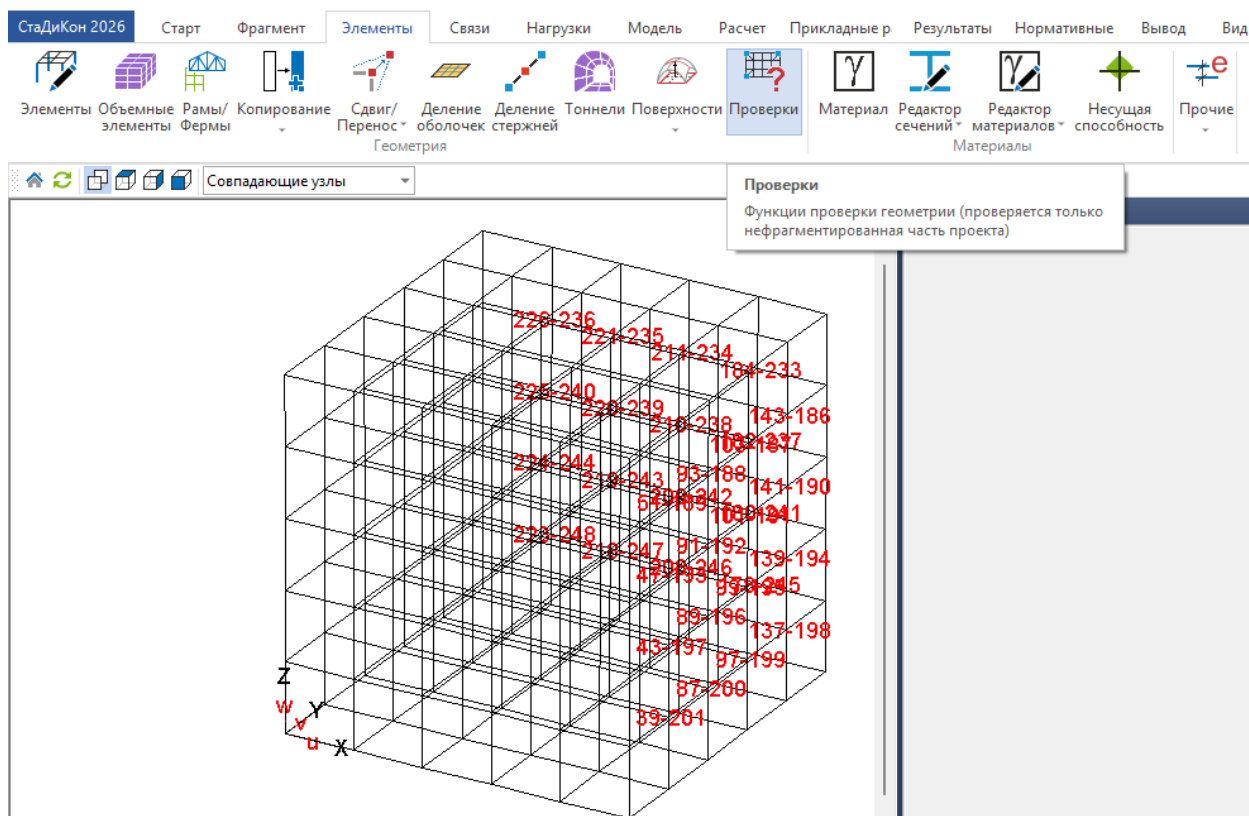
Аналогично создаем оболочку и на задней грани (при координате $y=1$).



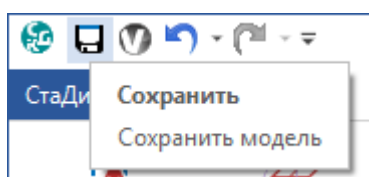
Разобьем созданные оболочки аналогично пункту 2.1.



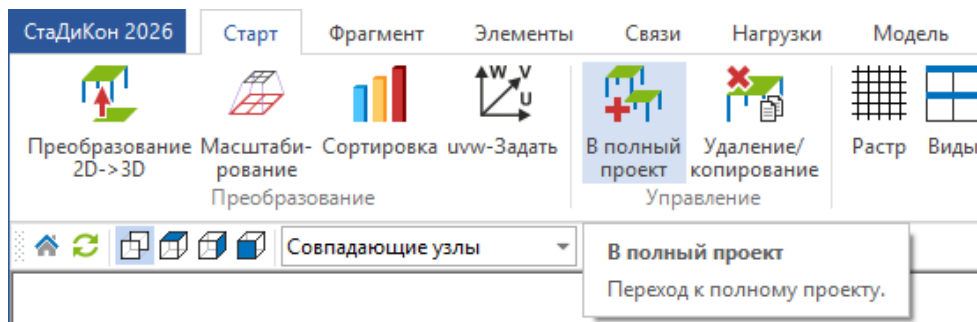
После разбиения получатся лишние узлы, которые можно посмотреть с помощью функции «Проверки».



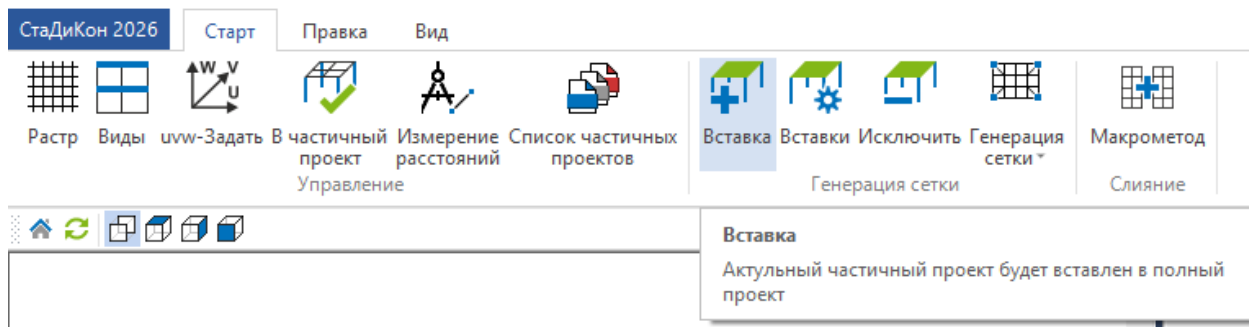
Сохраним модель. Не обращаем внимания на предупреждение о незадаанных элементах для оболочек. Их мы будем использовать только для задания нагрузок.



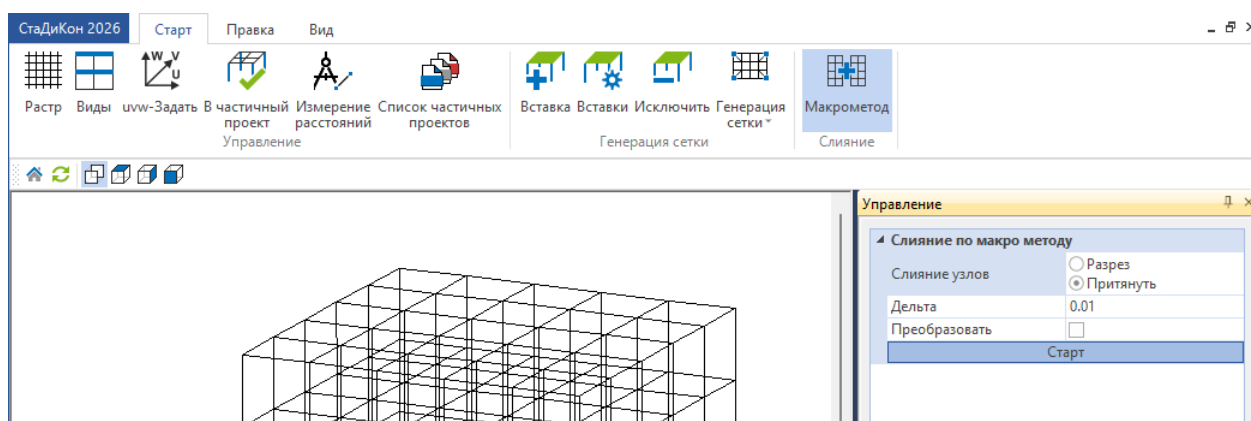
Для объединения узлов перейдем на вкладку «Старт», далее «В полный проект».



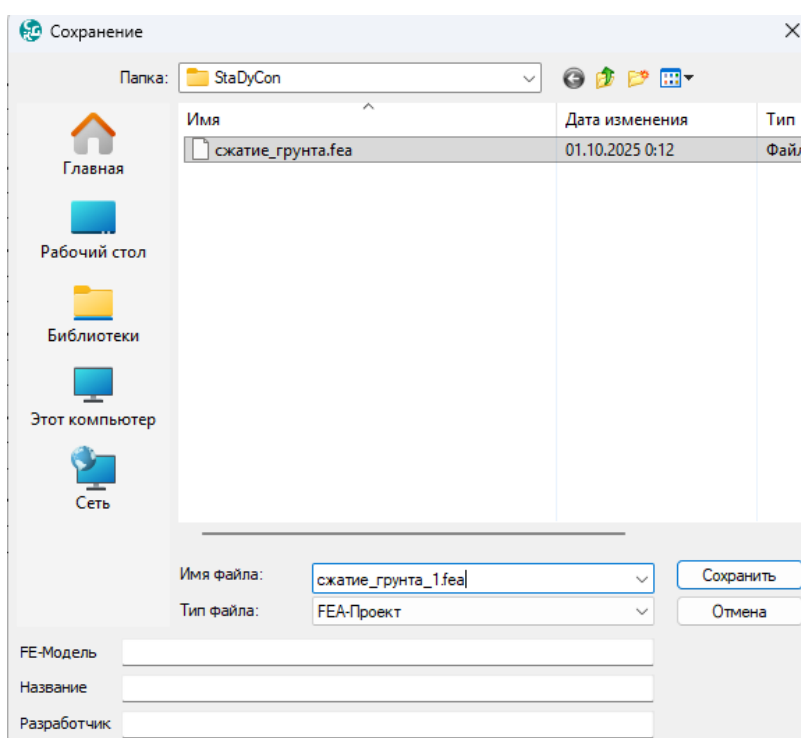
Нажатием на «Вставка» добавим нашу модель.



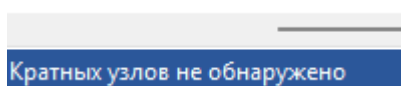
Далее выбираем **«Макрометод»**. Слияние узлов – **«Притянуть»**. И нажимаем **«Старт»**.



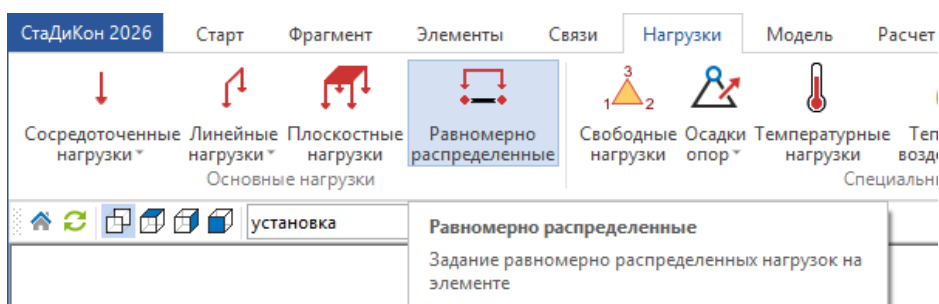
Сохраняем новую модель.



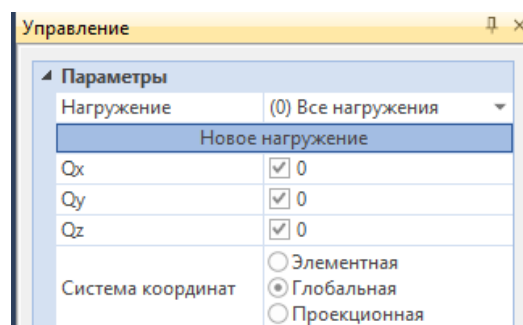
Теперь проверка говорит, что **«Кратных узлов не обнаружено»**.



Переходим к назначению нагрузок. Вкладка **«Нагрузки»** - **«Равномерно распределенные»**.

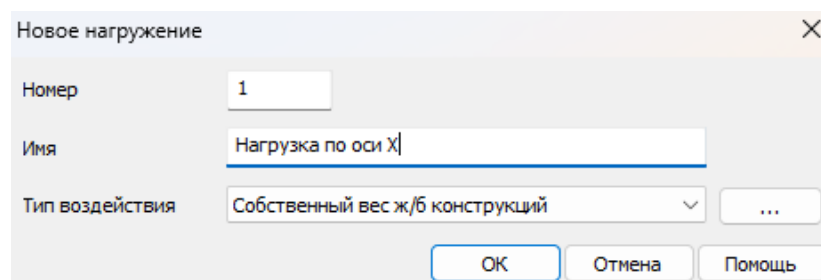


Переключаемся на глобальную систему координат и выбираем «Новое нагружение».

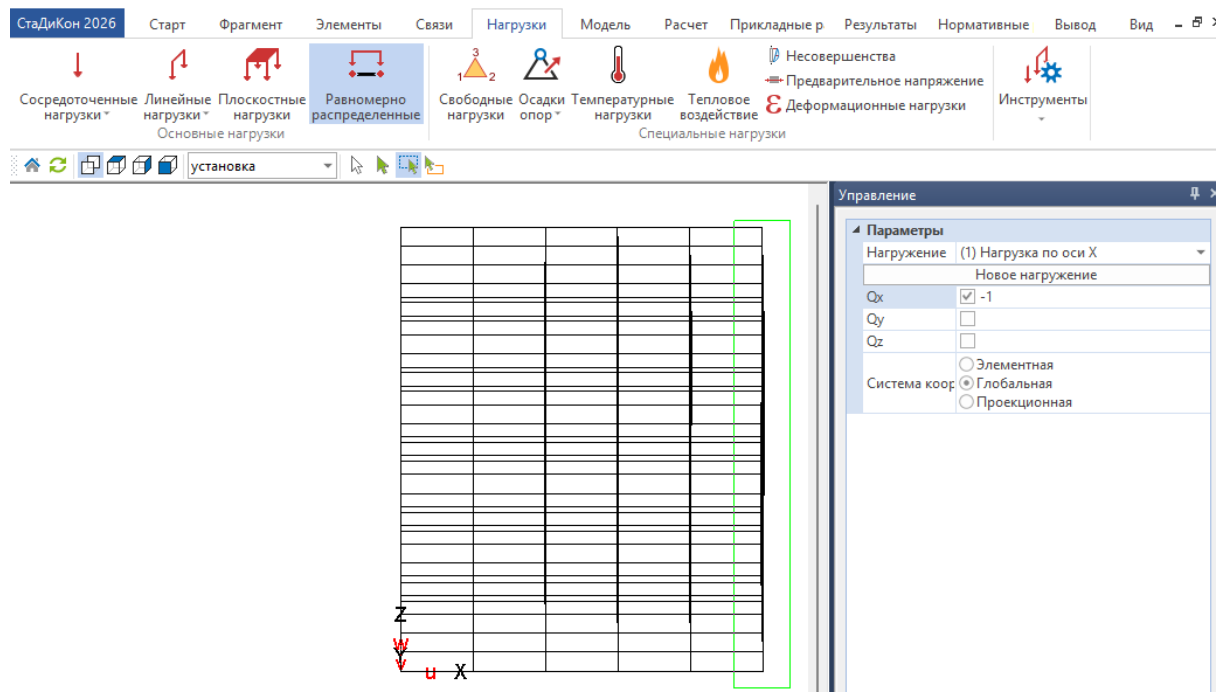


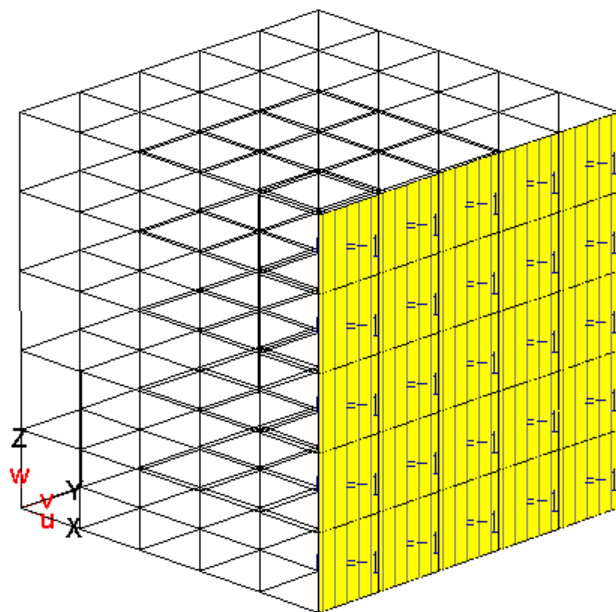
Создаем первое нагружение для нагрузки по оси Z.

В первое нагружение автоматически добавляется собственный вес, но так как мы установили нулевую плотность материала, то можем не менять номер нагружения.



Зададим единичную нагрузку Q_x на правую грань, а необходимую сделаем позже в комбинациях нагружений. Для удобства можно повернуть куб и групповым выбором назначить нагрузку сразу на все оболочки правой грани.





После аналогично создаем вторую комбинацию. И назначаем нагрузку Q_y на заднюю грань.

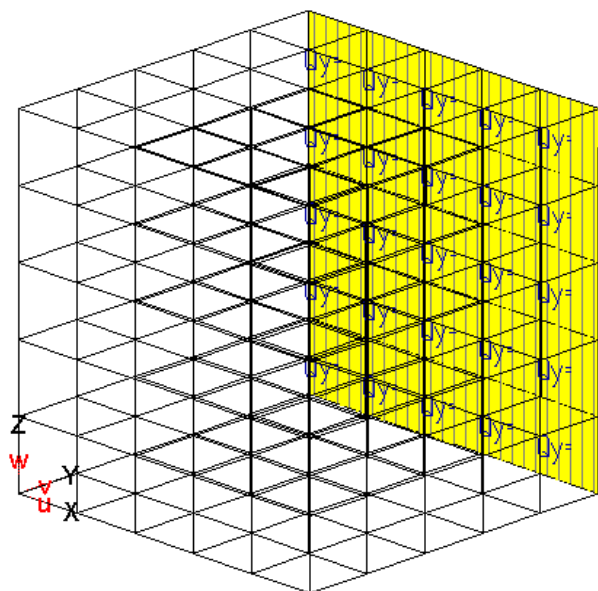
Новое нагружение

Номер: 2

Имя: Нагрузка по оси Y

Тип воздействия: Собственный вес ж/б конструкций

OK Отмена Помощь



Управление

Параметры

Нагружение: (2) Нагрузка по оси Y

Новое нагружение

Q_x ☐

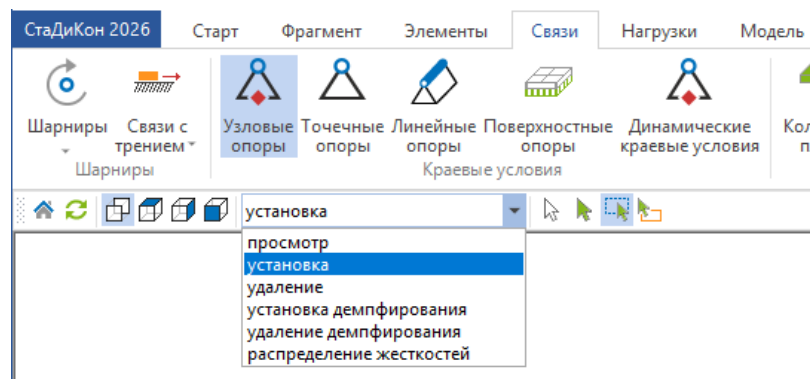
Q_y ☒ -1

Q_z ☐

Система коор: ☒ Глобальная ☐ Элементная ☐ Проекционная

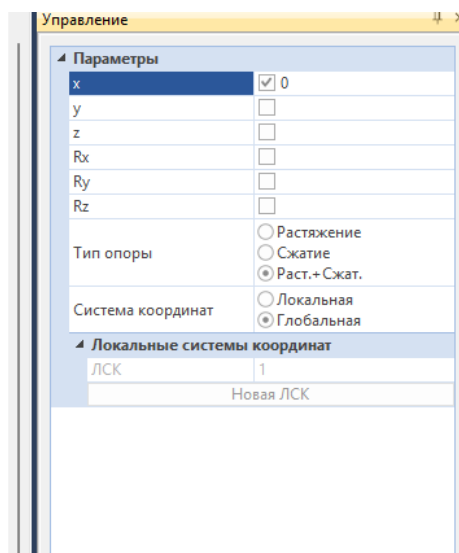
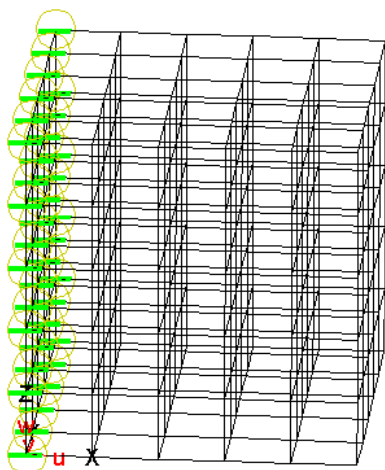
2.4. Установка связей

Перейдем к установке краевых условий. На вкладке «Связи» выбираем «Узловые опоры» - «установка».

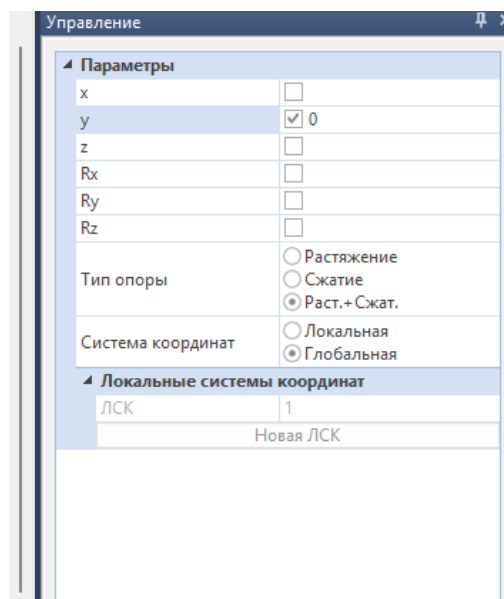
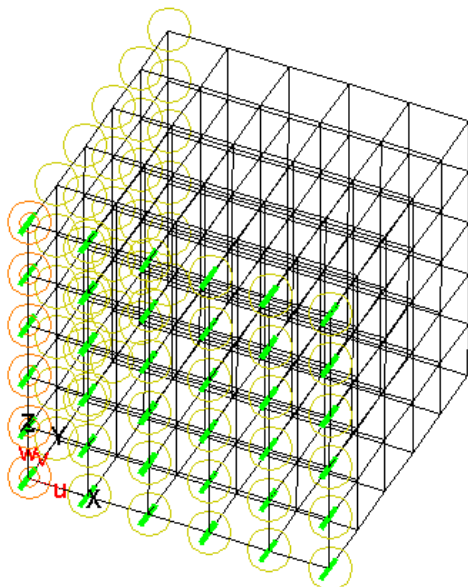


Назначаем следующие граничные условия:

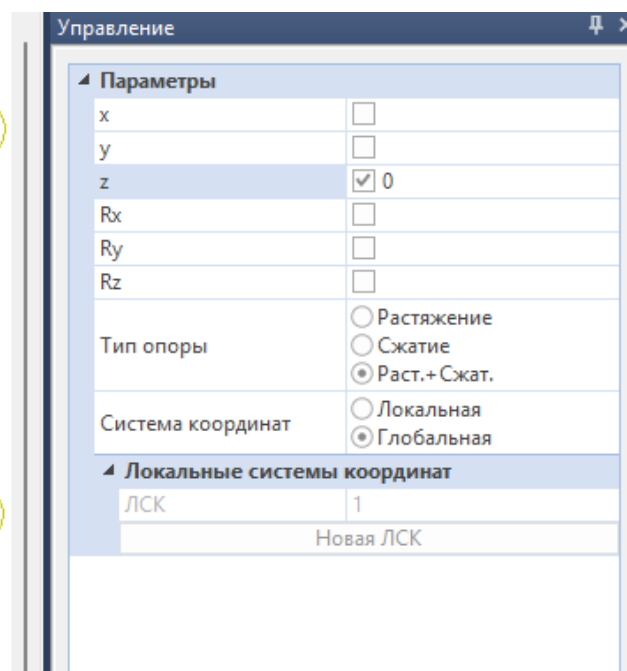
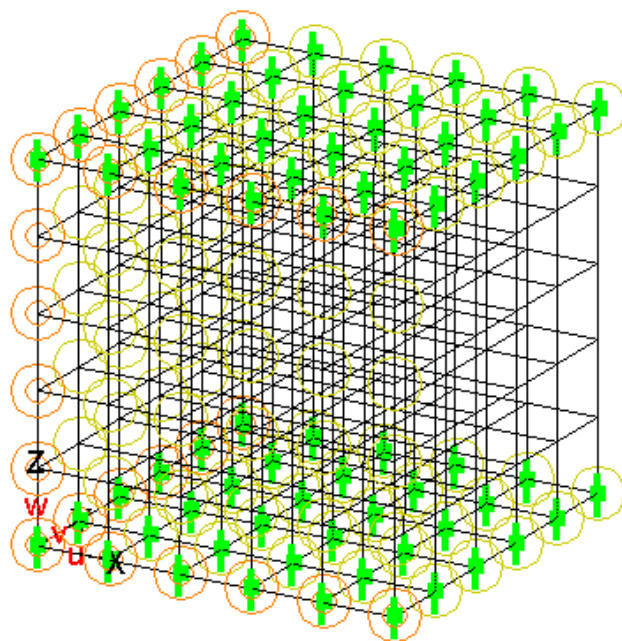
x – на все узлы грани при координате $x=0$.



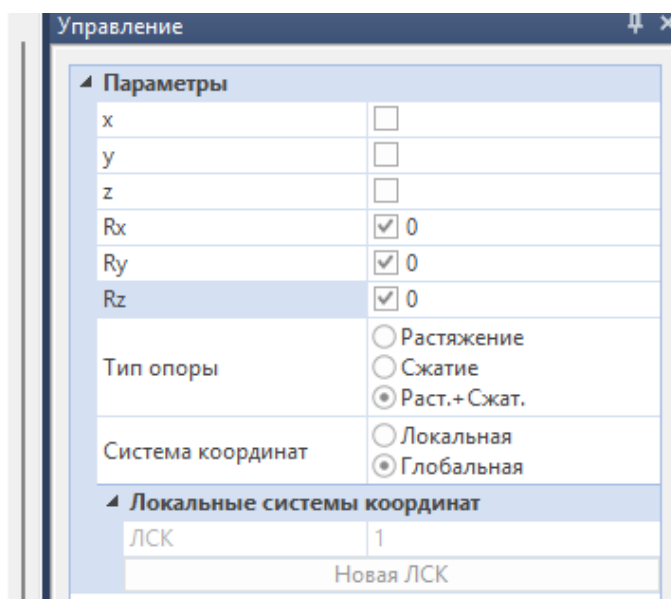
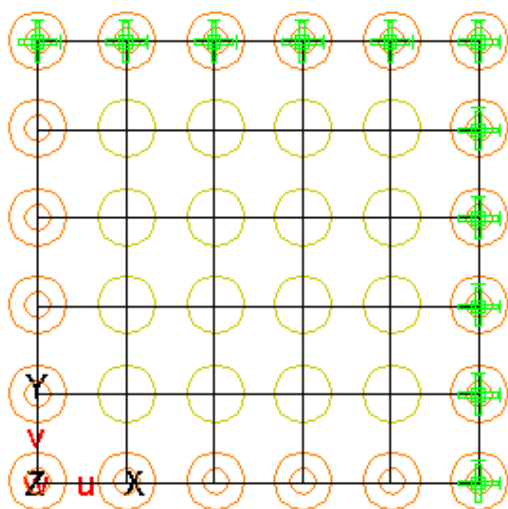
y – на все узлы грани при координате $y=0$.



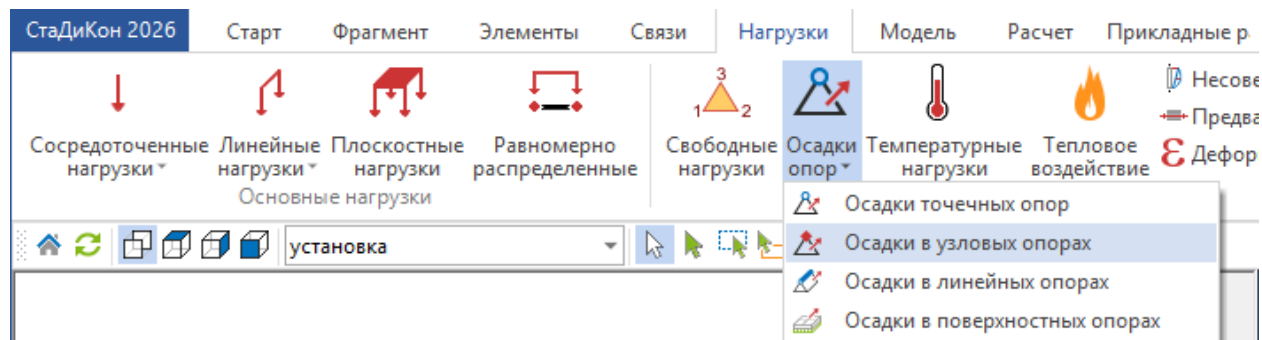
z – на все узлы верхней и нижней граней при координатах $z=0$ и $z=1$.



И также все углы поворотов (R_x , R_y , R_z) – на все узлы созданных ранее оболочек (грани при $x=1$ и $y=1$).



Теперь зададим изначальное смещение. Вкладка «Нагрузки» - «Осадки опор» - «Осадки в узловых опорах».



Создадим новое нагружение.

Новое нагружение

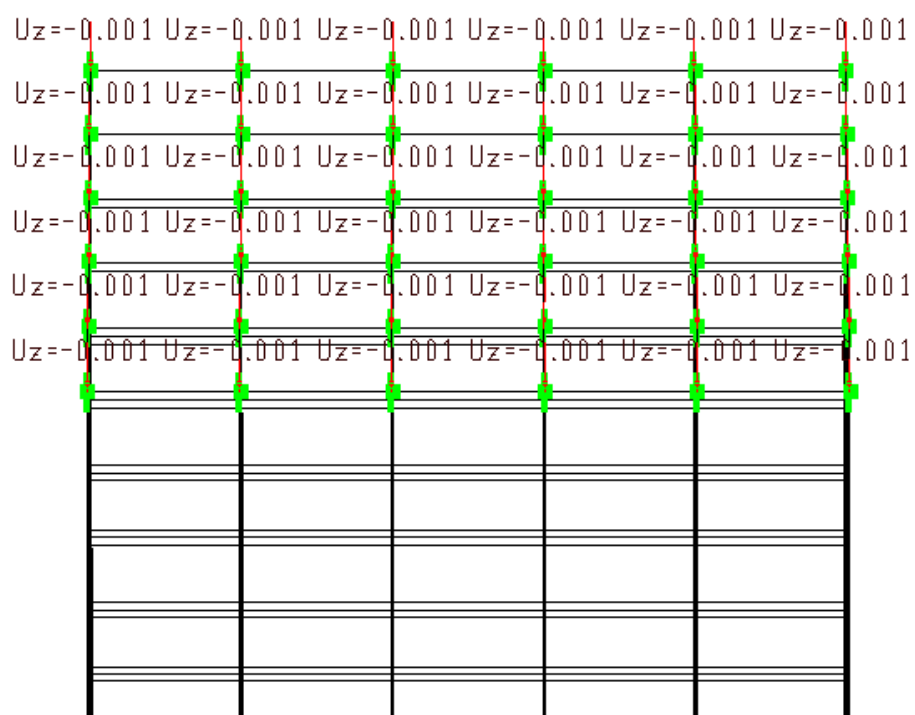
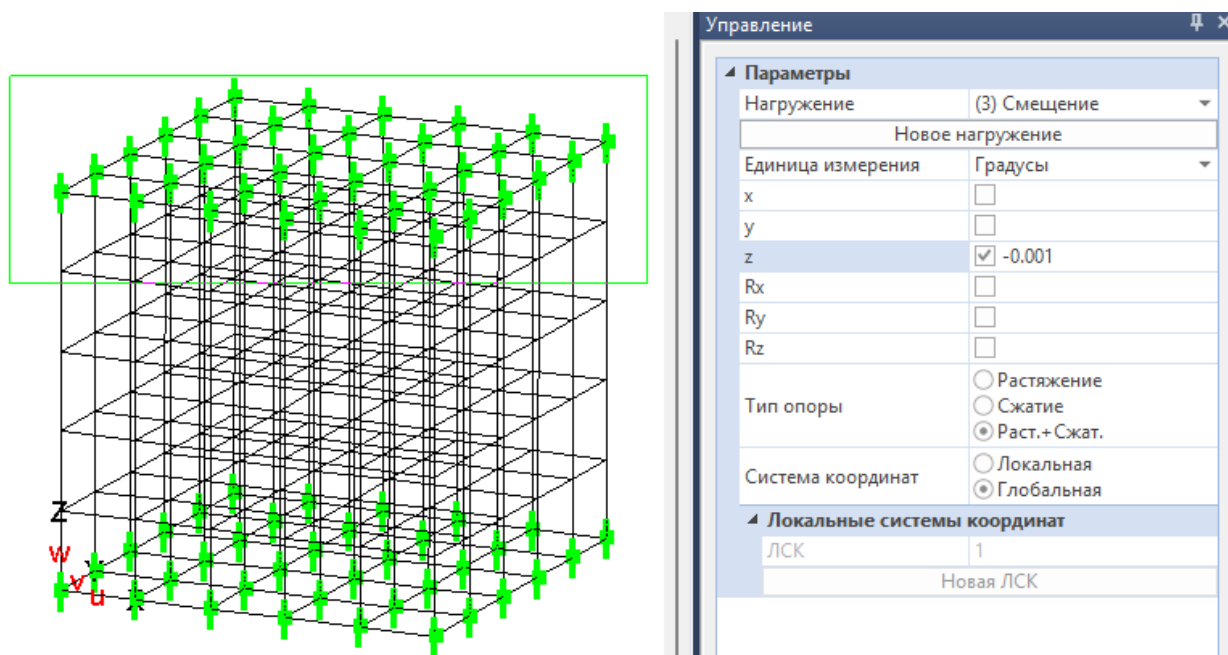
Номер: 3

Имя: Смещение

Тип воздействия: Собственный вес ж/б конструкций

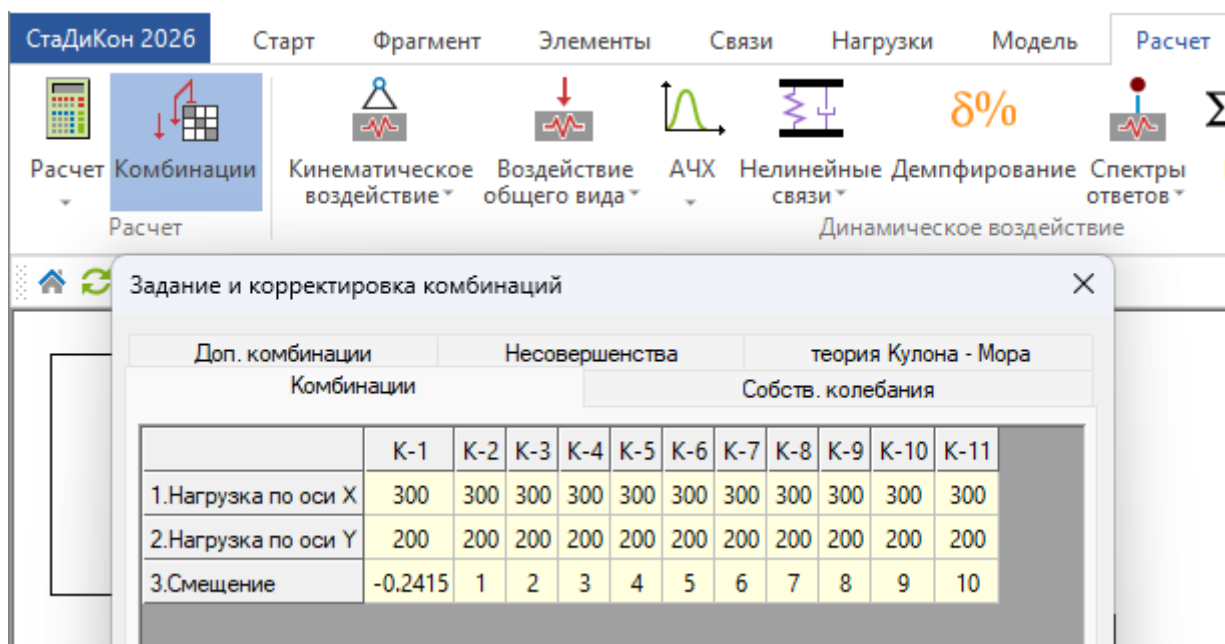
OK Отмена Помощь

И задаем изначальное смещение по оси z равное 1мм на верхнюю грань.

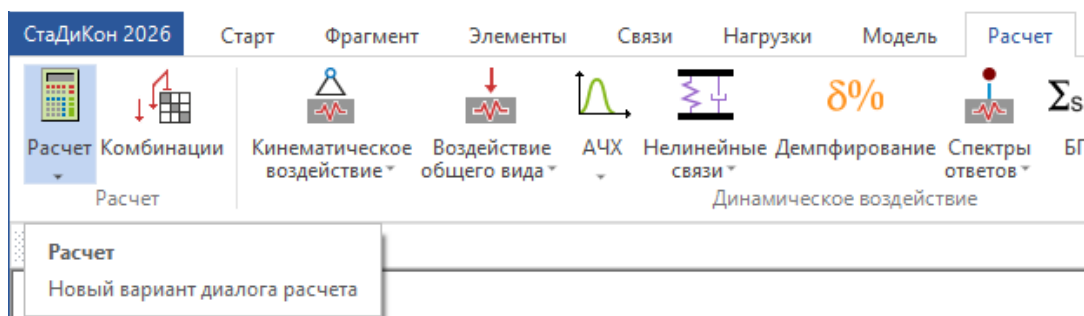


2.5. Расчет

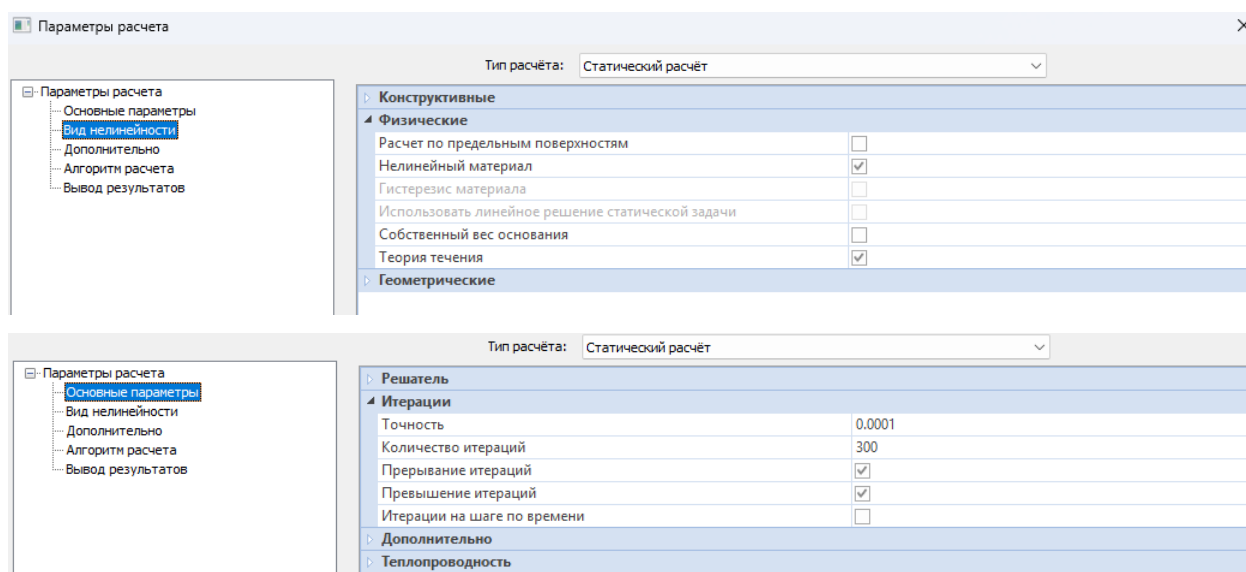
Переходим на вкладку «**Расчет**» и выбираем «**Комбинации**». Создаем следующие комбинации.

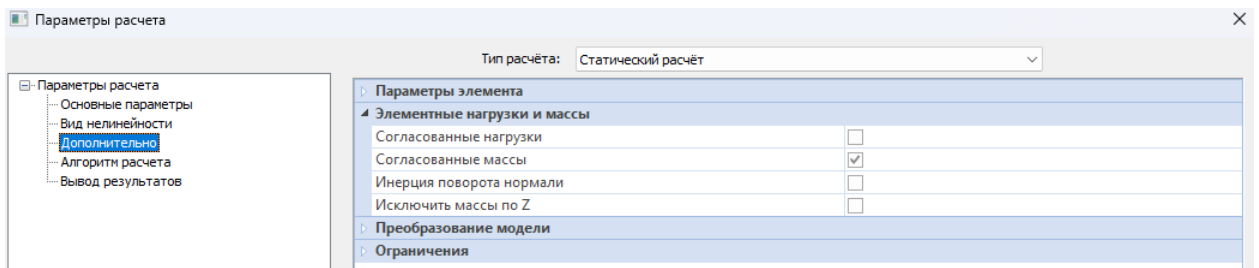


Теперь выбираем «**Расчет**».



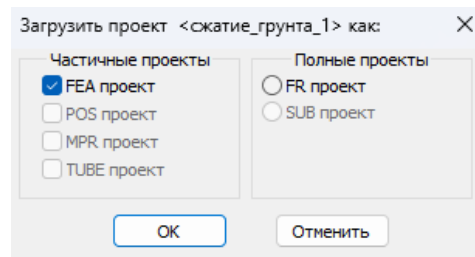
И устанавливаем следующие параметры (свернутые и непоказанные параметры установлены по умолчанию).





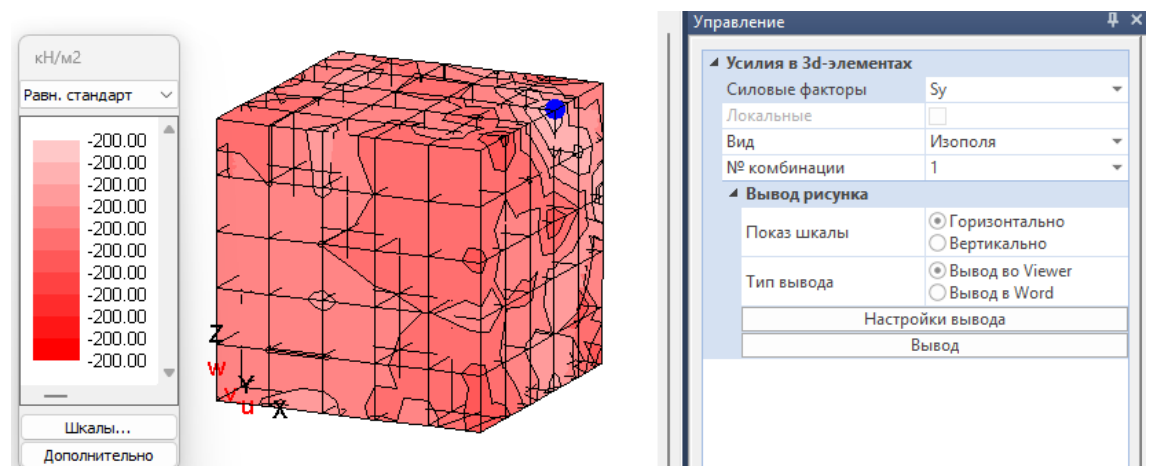
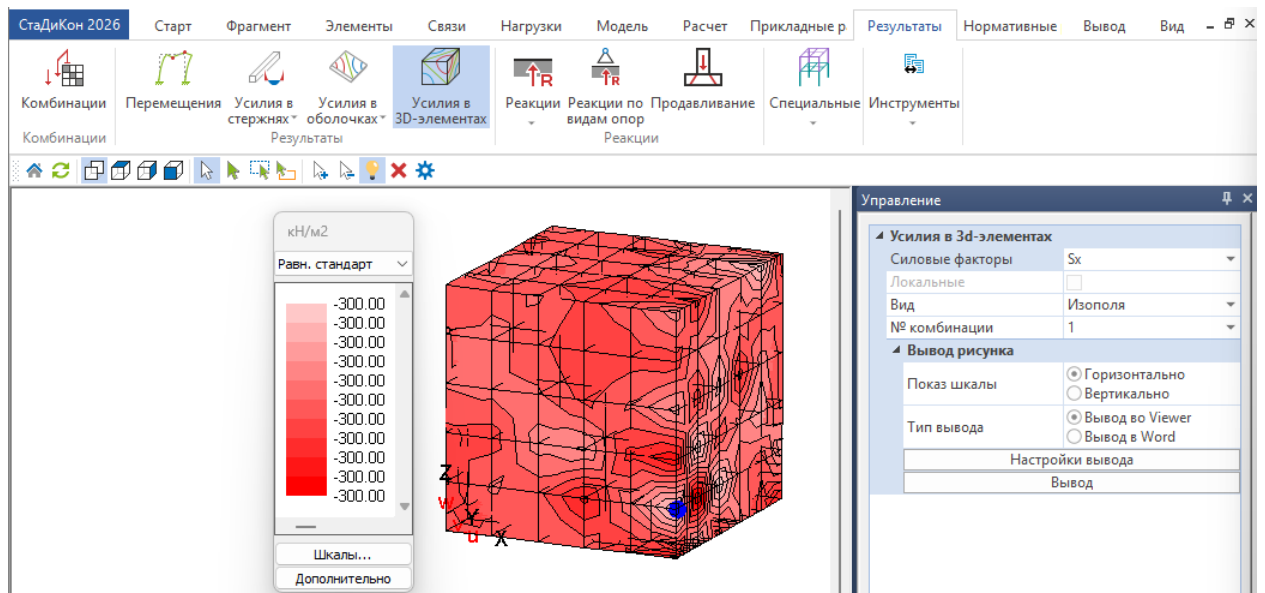
Запускаем расчет нажав на соответствующую кнопку.

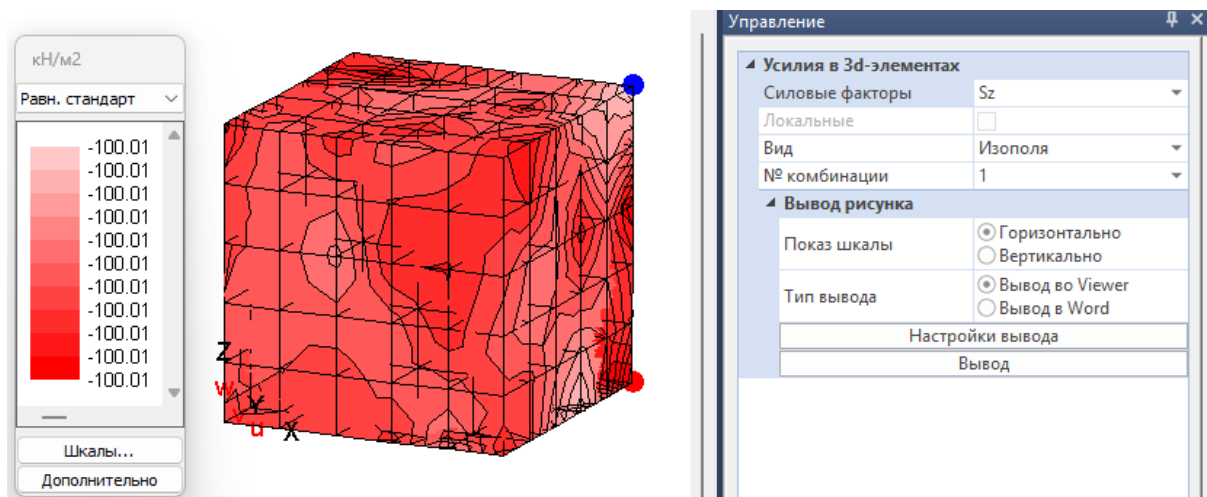
После выполнения расчета открываем FEA проект.



Результаты просматриваются на вкладке «Результаты».

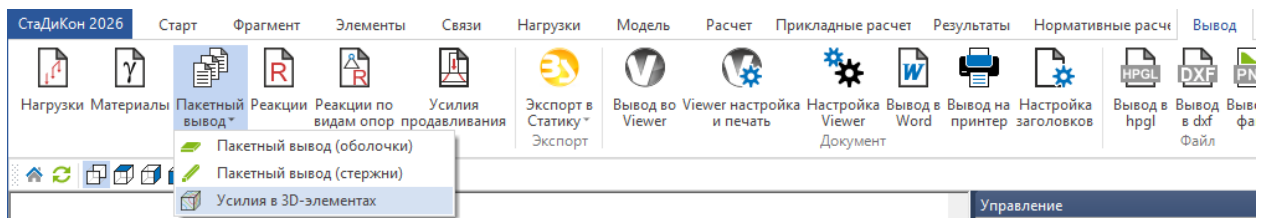
Посмотрим некоторые значения напряжений. Для этого выбираем «Усилия в 3D-элементах». Ниже приведены значения напряжений S_x , S_y и S_z для первой комбинации.



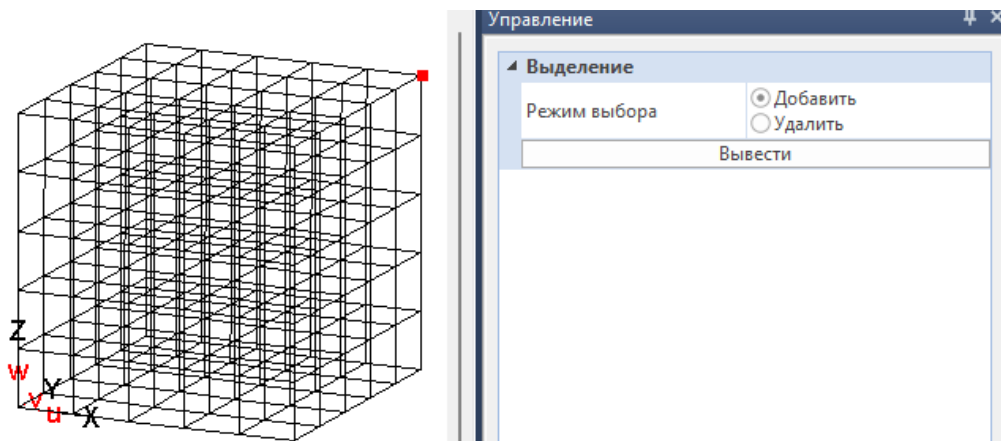


Также полученные результаты можно экспортировать.

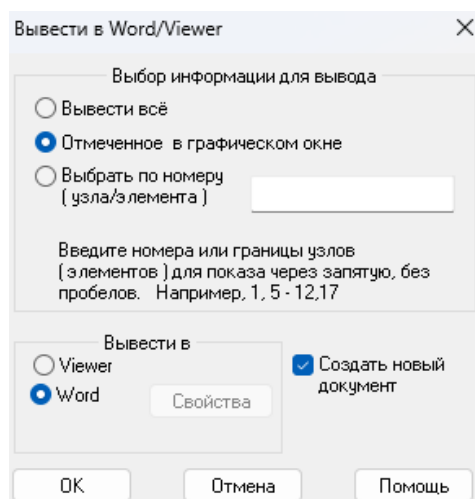
Переходим на вкладку «Вывод» - «Пакетный вывод» - «Усилия в 3D-элементах».



Нажатием ЛКМ выберем узел для вывода и выбираем «Вывести».



Выберем вывод в новый документ Word.



И получаем следующие значения напряжений в выбранном узле сразу для всех комбинаций нагружений.

Проект	Стр.	1
Модель	Позиция	
сжатие_грунта_1.fea		
Дата 01.10.25	Программа СтаДикон 2026	Разработчик

Усилия в 3d-элементах, KNVL 1 (статический расчет)

Kn	Lnk	Sx [кН/м2]	Sy [кН/м2]	Sz [кН/м2]	Sxy [кН/м2]	Sxz [кН/м2]	Syz [кН/м2]
185	1	-300.00	-200.00	-100.01	0.00	-0.00	-0.00
	2	-300.00	-200.00	-357.00	-0.00	-0.00	0.00
	3	-300.00	-200.00	-564.00	-0.00	-0.00	0.00
	4	-300.00	-200.00	-771.00	-0.00	0.00	-0.00
	5	-300.00	-200.00	-794.42	0.00	-0.00	-0.00
	6	-300.00	-200.00	-795.51	-0.00	0.00	0.00
	7	-300.00	-200.00	-797.10	0.00	-0.00	-0.00
	8	-300.00	-200.00	-798.59	0.00	-0.00	-0.00
	9	-300.00	-200.00	-799.88	0.00	-0.00	-0.00
	10	-300.00	-200.00	-801.02	0.00	-0.00	0.00
	11	-300.00	-200.00	-802.02	-0.00	0.00	0.00